

данного пика (рис.1). Данный факт свидетельствует о наличии механического напряжения в тонкой пленке оксида цинка. К сожалению, исследование тонких пленок ZnO 100 °C затруднено, поскольку не виден ее пик на спектре из-за фотолюминесценции.

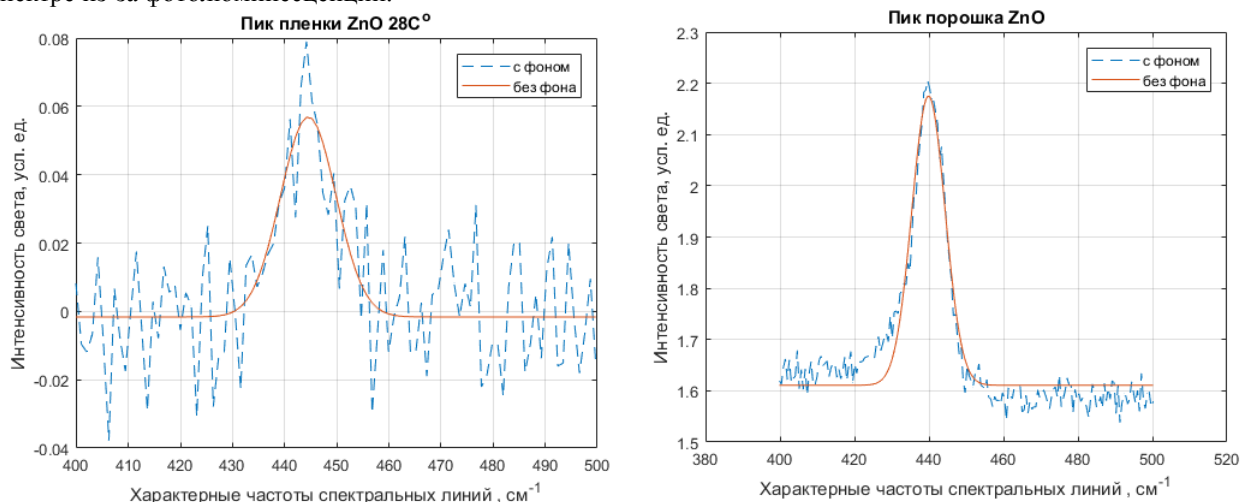


рис. 1. Пики тонкой пленки ZnO 28 °C (444 см^{-1}) и порошка ZnO (440 см^{-1}).

Влияние технологии нанесения тонких пленок оксида цинка на параметры их запрещенной зоны

Гавриляк Алина Маратовна

Выломов Леонид Павлович, Гавриляк Максим Витальевич, Лукашев Владимир Сергеевич

Южно-Уральский государственный университет

Подгорнов Федор Валерьевич, к.ф.-м.н.

AlinaIshmurzina1609@gmail.com

Оксид цинка ZnO – широкозонное полупроводниковое соединение с шириной запрещенной зоны $E_g = 3.436\text{ эВ}$ [1]. Благодаря своим уникальным оптическим и электрофизическим свойствам, оксид цинка обладает большим потенциалом для различных практических применений. Наличие примесей или изменение состава может привести к сдвигу запрещенной зоны E_g . Различия соотношения кислорода и цинка, при различных условиях нанесения и последующего отжига тонких пленок ZnO, значительно влияет на свойства данного материала. Таким образом, целью работы является исследование влияния технологии нанесения тонких пленок оксида цинка на параметры ширины запрещенной зоны.

Формирование тонких пленок оксида цинка происходило при двух различных условиях. В первом случае гранулированный цинк наносился на стеклянную подложку при комнатной температуре (28°C) с помощью метода электронно-лучевого напыления. Во втором случае перед напылением стеклянная подложка нагревалась до температуры 150°C . На последующем этапе тонкие пленки цинка окислялись в кислородной среде при температуре 300°C в течение 8 часов для получения тонких пленок оксида цинка.

С помощью электронного микроскопа JSM-7001F получены изображения поверхности тонких пленок цинка. Как видно из (рис. 1), пленки цинка, нанесенные на подложку при комнатной температуре, обладают «чешуйчатой» структурой, а цинк, нанесенный на нагретую подложку, представляет собой гексагональные наночастицы. Характерный размер данных частиц равен примерно 200 нм.

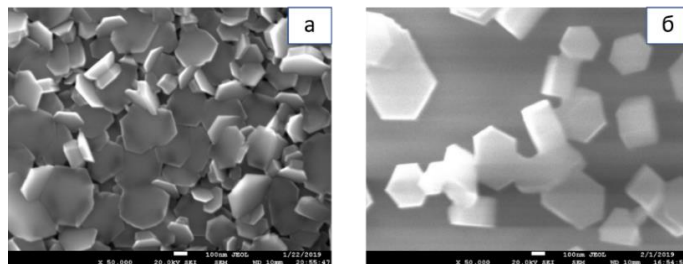


рис.1 Изображение поверхности пленки цинка, нанесенного на подложку а) при температуре 28°C б) при температуре 150°C

Разница в морфологии поверхности приводит в дальнейшем к различию параметров и свойств тонких пленок оксида цинка. Одним из таких параметров является ширина запрещенной зоны данного полупроводника. Определить ширину запрещенной зоны можно с помощью уравнения Таука (формула (1)) [2]. При аппроксимации зависимости $(\alpha h\nu)^2$ от энергии $h\nu$ линейной функцией и экстраполяции до оси абсцисс, точка пересечения с данной осью и будет являться значением ширины запрещенной зоны (рис. 2). Значение ширины запрещенной зоны для пленки, нанесенной на холодную и нагретую подложки равны 3.075 эВ и 3.17 эВ.

$$(\alpha h\nu)^2 = \beta(h\nu - E_g), \quad (1)$$

где β – константа, называемая параметром затухания, независимая от энергии, E_g – ширина запрещенной зоны, $h\nu$ – энергия падающего фотона, α – коэффициент поглощения.

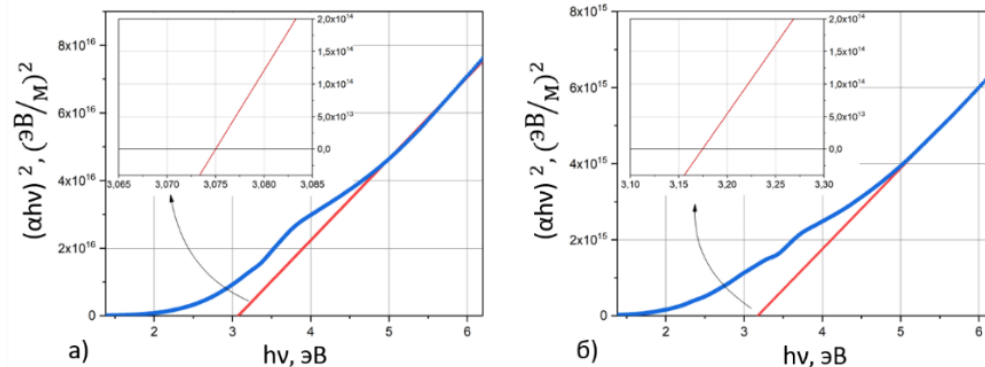


рис.2 Зависимость $(\alpha h\nu)^2$ от энергии падающего фотона для пленок оксида цинка, нанесенных на подложку а) при температуре 28°C б) при температуре 150°C

В области низкой энергии фотонов зависимость коэффициента поглощения α от энергии фотона $h\nu$ известна как эмпирическое правило Урбаха [2], которое определяется по формуле (2). Построив зависимость логарифма поглощения от энергии, можно определить энергию Урбаха как обратный коэффициент наклона аппроксимационной прямой (рис. 3). Значение энергии Урбаха для пленки, нанесенной на холодную подложку равно 0.877 эВ, а на нагретую подложку – 1.017 эВ.

$$\alpha = \alpha_0 \exp\left(\frac{h\nu}{E_U}\right), \quad (2)$$

где E_U – энергия Урбаха, α_0 – константа.

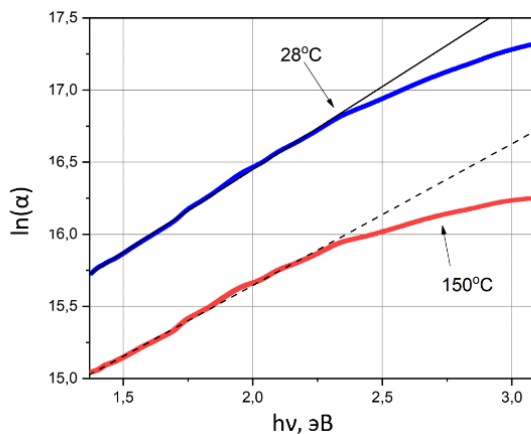


рис.3 Зависимость $\ln(\alpha)$ от энергии фотона для пленок ZnO, нанесенных при разных условиях

В данной работе выявлены различия параметров тонких пленок оксида цинка, нанесенных на холодную и нагретую стеклянные подложки. Данные различия могут быть связаны с возникновением дефектов и механических напряжений, возникших при нанесении тонких пленок методом электронно-лучевого напыления.

Список публикаций:

- [1] Klingshirn C.F. et al. Zinc oxide. From fundamental properties towards novel applications. 2010. 359 p.
- [2] Tauc J. Amorphous and liquid semiconductors. 1974. 444 p.